

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH *PITCH* TERHADAP  
PENINGKATAN PERPINDAHAN PANAS PADA PENUKAR KALOR  
PIPA KONSENTRIK DENGAN *LOUVERED STRIP INSERT*  
SUSUNAN *BACKWARD***

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik



Oleh:

**MARTINA ANANTYASTUTI SUSANTI**  
**NIM. I 1414029**

**JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SEBELAS MARET  
SURAKARTA  
2016**

**STUDI EKSPERIMENTAL PENGARUH PITCH TERHADAP PENINGKATAN  
PERPINDAHAN PANAS PADA PENUKAR KALOR PIPA KONSENTRIK  
DENGAN LOUVERED STRIP INSERT SUSUNAN BACKWARD**

Disusun Oleh

**MARTINA ANANTYASTUTI**  
NIM : **11414029**

Dosen Pembimbing 1

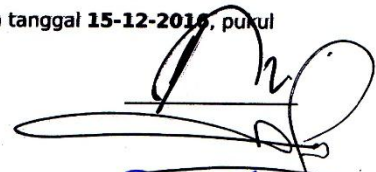
  
**AGUNG TRI WIJAYANTA, M.Eng., Ph.D.**  
NIP. **197108311997021001**

Dosen Pembimbing 2

  
**Indri Yaningsih, S.T., M.T**  
NIP. **198607042012122004**

Telah dipertahankan di depan Tim Dosen Penguji pada tanggal **15-12-2019**, pukul **10:00:00**, bertempat di **M.101, gd.1 FT-UNS**.

1. Dr. BUDI KRISTIAWAN, ST., MT.  
197104251999031001
2. DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT  
197106151998021002
3. D. DANARDONO, ST, MT, PhD  
196905141999031001


  
Kepala Program Studi Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta

  
**DR ENG. SYAMSUL HADI, ST, MT**  
NIP. **197106151998021002**

Koordinator Tugas Akhir

  
**DR. NURUL MUHAYAT, ST, MT**  
NIP. **197003231998021001**

# **Experimental Study Effects of Pitch and Backward Arrangement on Heat Transfer Enhancement in Concentric Pipe Heat Exchanger with Louvered Strip Insert**

**Martina Anantyastuti Susanti**  
Mechanical Engineering Department  
Engineering Faculty Sebelas Maret University  
Surakarta, Indonesia  
*email : [tyamartina@gmail.com](mailto:tyamartina@gmail.com)*

## **Abstract**

This research was conducted to examine the characteristic of heat transfer and friction factor of the concentric pipe heat exchanger with the addition of louvered strip insert (LSI) with variations in pitch ( $S$ ) = 40 mm, 50mm and 60 mm. Test section was the single pass concentric pipe heat exchanger with inner tube and the outer pipe is made of aluminium. The flow in the inner tube and the annulus in the opposite direction to the working fluid is water. The working fluid in the inner tube was hot water which the temperature was maintained at 60° C input, while the working fluid in the annulus was cold water with temperature at  $\pm 27^{\circ}\text{C}$ . LSI mounted on the inside of the concentric pipe heat exchanger. In this experiment, the test was made with the addition of LSI and without louvered strip (plain tube) on the pipe. The results showed that the concentric pipe heat exchanger with the addition of LSI by  $S = 40, 50$  and 60 mm in the pipeline in generating Nusselt numbers, friction factor and heat transfer coefficient ratio greater than plain tube. At the same Reynolds number, the addition of LSI by  $S = 40, 50$  and 60 mm in the pipeline increasing Nusselt numbers were turn 62.9% - 70.0%; 42.5% - 51.3%; and 23.1% - 31.4% than plain tube. While the addition of LSI by  $S = 40, 50$  and 60 mm in the pipe friction factor increased 1.86 - 2.44; 1.04 - 1.62; and 0.58 - 0.84 times greater than the friction factor plain tube. The addition of LSI,  $S = 40, 50$  and 60 mm in the pipeline to produce heat transfer coefficient ratio in the range 1,06 - 1,10; 1,06 - 1,08 and 1,01 - 1,05.

**Keywords :** Nusselt number, Reynolds number, friction factor, louvered strip insert, pitch variation.

**Studi Eksperimental Pengaruh *Pitch* terhadap terhadap Peningkatan Perpindahan Panas pada Penukar Kalor Pipa Konsentrik dengan *Louvered Strip Insert* Susunan *Backward***

**Martina Anantyastuti Susanti**  
Jurusan Teknik Mesin  
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret  
Surakarta, Indonesia  
email : [tyamartina@gmail.com](mailto:tyamartina@gmail.com)

**Abstrak**

Penelitian ini dilakukan untuk menguji karakteristik perpindahan panas dan faktor gesekan pada penukar kalor pipa konsentrik dengan penambahan *louvered strip insert* (LSI) dengan variasi *pitch* ( $S$ ) = 40 mm, 50 mm dan 60mm. Seksi uji berupa penukar kalor pipa konsentrik satu laluan dengan pipa dalam dan pipa luar terbuat dari alumunium. Aliran pada pipa dalam dan *annulus* berlawanan arah dengan fluida kerja air. Fluida kerja di pipa dalam adalah air panas dimana temperatur masukannya dipertahankan pada 60°C, sedangkan fluida kerja di *annulus* adalah air dingin dengan temperatur masukannya  $\pm 27^\circ\text{C}$ . LSI dipasang di pipa dalam dari penukar kalor pipa konsentrik. Dalam penelitian ini pengujian dilakukan dengan penambahan LSI dan tanpa *louvered strip insert* (*plain tube*) pada pipa dalam. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penukar kalor pipa konsentrik dengan penambahan LSI dengan  $S = 40, 50$  dan 60 mm di pipa dalam menghasilkan bilangan Nusselt, faktor gesekan dan rasio koefisien perpindahan panas yang lebih besar daripada *plain tube*. Penambahan LSI menghasilkan peningkatan perpindahan panas yang lebih baik dibandingkan *plain tube*. Pada bilangan Reynolds yang sama, penambahan LSI dengan  $S = 40, 50$  dan 60 mm di pipa dalam meningkatkan bilangan Nusselt berturut-turut dalam kisaran 62,9% - 70,0%; 42,5% - 51,3%; dan 23,1% - 31,4% dibandingkan dengan *plain tube*. Sedangkan penambahan LSI dengan  $S = 40, 50$  dan 60 mm di pipa dalam menghasilkan faktor gesekan berturut-turut 1,86 - 2,44; 1,04 - 1,62; dan 0,58 - 0,84 kali lebih besar dibandingkan faktor gesekan *plain tube*. Penambahan LSI,  $S = 40, 50$  dan 60 mm di pipa dalam menghasilkan rasio koefisien perpindahan panas berturut-turut dalam kisaran 1,06 - 1,10; 1,06 - 1,08 dan 1,01 - 1,05.

Kata kunci : bilangan Nusselt, bilangan Reynolds, faktor gesekan, *louvered strip insert*, variasi *pitch*.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena dengan limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat terselesaikannya tugas akhir dengan judul “Studi Eksperimental Pengaruh *Pitch* terhadap Peningkatan Perpindahan Panas pada Penukar Kalor Pipa Konsentrik dengan *Louvered Strip Insert* Susunan *Backward*”. Penulisan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Dalam penyusunan dan penyelesaian tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ayah dan Ibu atas segala curahan kasih sayang, do'a serta dukungan yang tak pernah putus baik secara moral dan materi hingga selesainya tugas akhir ini.
2. Alm bapak Tri Istanto, ST, MT yang telah memberikan bimbingan dan arahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Agung Tri Wijayanta selaku Pembimbing I yang senantiasa memberikan arahan dan bimbingan dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Indri Yaningsih ST, MT selaku Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan hingga selesainya tugas akhir ini.
5. Bapak Dr. Eng. Syamsul Hadi, ST, MT; bapak D. Danardono, ST, MT, PhD; dan bapak Dr. Budi Kristiawan ST, MT selaku penguji yang memberikan kritik dan saran tugas akhir ini.
6. Bapak Dr. Budi Santoso selaku pembimbing akademis yang telah memberikan bimbingan dan semangat dari awal masuk kuliah hingga sekarang.
7. Bapak Dr. Nurul Muhyat, ST, MT selaku koodinator Tugas Akhir.
8. Bapak Dr. Eng. Syamsul Hadi selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta.

9. Seluruh Dosen serta Staf di Jurusan Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret Surakarta, yang telah turut mendidik penulis hingga menyelesaikan studi Strata Satu.

10. Rekan-rekan seperjuangan Teknik Mesin Non Reguler angkatan 2014.

Penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, maka kritik dan saran penulis harapkan untuk kesempurnaan skripsi ini. Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat.

Surakarta, Desember 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	i
<b>HALAMAN SURAT PENUGASAN .....</b>	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN .....</b>	iii
<b>ABSTRAK .....</b>	iv
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	vi
<b>DAFTAR ISI .....</b>	viii
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	xi
<b>DAFTAR PERSAMAAN.....</b>	xiii
<b>DAFTAR NOTASI .....</b>	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	xviii
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah .....	2
1.4. Tujuan Dan Manfaat .....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1. Tinjauan Pustaka .....	5
2.2. Dasar Teori .....	7
2.2.1. Aliran dalam sebuah pipa .....	7
2.2.2. Penukar kalor .....	8
2.2.3. Teknik peningkatan perpindahan panas pada penukar kalor.....	11
2.2.3.1. <i>Louvered Strip Insert</i> .....	12
2.2.4. Perhitungan karakteristik perpindahan panas, faktor gesekan dan unjuk kerja pada penukar kalor pipa konsentrik.....	13

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Tempat Penelitian .....	17
3.2. Skema Alat Penelitian .....	17
3.3. Alat dan Instrumentasi Penelitian .....	19
3.4. Diagram Alir Penelitian .....	28
3.5. Prosedur Penelitian	
3.5.1. Tahap persiapan .....	29
3.5.2. Pengujian penukar kalor tanpa <i>louvered strip insert</i> ( <i>plain tube</i> ).....	29
3.5.3. Pengujian penukar kalor dengan <i>louvered strip</i> <i>insert</i> .....	30
3.6. Metode Analisis Data .....	31

### **BAB IV ANALISIS DATA**

4.1. Data Hasil Pengujian .....	32
4.2. Perhitungan Data .....	32
4.3. Analisis Data .....	33
4.3.1. Uji validitas penukar kalor tanpa <i>louvered strip</i> <i>insert (plain tube)</i> .....	33
4.3.2. Pengaruh variasi <i>pitch</i> terhadap karakteristik perpindahan panas penukar kalor dengan penambahan <i>louvered strip insert</i> .....	35
4.3.3. Pengaruh variasi <i>pitch</i> terhadap penurunan tekanan ( $\Delta P$ ) penukar kalor dengan penambahan <i>louvered</i> <i>strip insert</i> .....	36
4.3.4. Pengaruh variasi <i>pitch</i> terhadap karakteristik faktor gesekan penukar kalor dengan penambahan <i>louvered strip insert</i> .....	37
4.3.5. Pengaruh variasi <i>pitch</i> terhadap karakteristik rasio koefisien perpindahan panas penukar kalor dengan penambahan <i>louvered strip insert</i> .....	38
4.3.6. Korelasi – korelasi untuk memprediksi perpindahan panas dan faktor gesekan <i>Louvered Strip Insert</i> dengan variasi <i>Pitch</i> .....	39



4.3.7. Korelasi unjuk kerja termal penukar kalor dengan penambahan <i>louvered strip insert</i> susunan <i>backward</i> .....	41
4.3.8 Perbandingan penambahan sisipan <i>louvered strip insert</i> susunan <i>backward</i> dengan sisipan <i>louvered strip insert</i> susunan <i>forward</i> dengan variasi <i>pitch</i> yang sama yaitu 40, 50 dan 60mm.....	42
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan .....	45
5.2. Saran .....	46
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	47
<b>LAMPIRAN</b> .....	49

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Perkembangan profil kecepatan pada saluran masuk aliran pipa (White, 2008) .....	7
Gambar 2.2 (a) Arah aliran fluida (b) Perubahan temperatur fluida pada penukar kalor searah (Incropera, 2011) .....	9
Gambar 2.3 (a) Arah aliran fluida (b) Perubahan temperatur fluida pada penukar kalor berlawanan arah (Incropera, 2011) ....	9
Gambar 2.4 Penukar kalor pipa konsentrik (Cengel, 2003) .....	10
Gambar 2.5 Analogi listrik untuk perpindahan panas pada penukar kalor pipa konsentrik (Cengel, 2003) .....	10
Gambar 2.6 Nomenklatur <i>louvered strip insert</i> (Eiamsa-ard, 2008) .....	13
Gambar 3.1 Skema alat pengujian penukar kalor pipa konsentrik dengan <i>louvered strip insert</i> .....	17
Gambar 3.2 Gambar alat penelitian .....	18
Gambar 3.3 Skema penukar kalor pipa konsentrik satu laluan dengan <i>louvered strip insert</i> .....	20
Gambar 3.4 Penukar kalor pipa konsentrik satu laluan .....	20
Gambar 3.5 Skema pemasangan <i>louvered strip insert</i> susunan <i>backward</i> di pipa dalam .....	21
Gambar 3.6 <i>Louvered strip insert</i> yang digunakan dalam penelitian dilihat dari atas .....	22
Gambar 3.7 <i>Louvered strip insert</i> variasi pitch (S) yang digunakan dalam penelitian .....	22
Gambar 3.8 <i>Thermocouple reader</i> .....	23
Gambar 3.9 <i>Temperature controller</i> .....	23
Gambar 3.10 <i>Electric water heater</i> .....	24
Gambar 3.11 Tangki air .....	24
Gambar 3.12 Rotameter .....	25
Gambar 3.13 Penjebak air .....	26
Gambar 4.1 Grafik hubungan $Nu_i$ dengan $Re$ untuk <i>plain tube</i> .....	32

Gambar 4.2	Grafik hubungan $f$ dengan $Re$ untuk <i>plain tube</i> .....	33
Gambar 4.3	Grafik hubungan $Nu_i$ dengan $Re$ .....	34
Gambar 4.4	Grafik hubungan $\Delta P$ terhadap $Re$ .....	35
Gambar 4.5	Grafik hubungan $f$ terhadap $Re$ .....	36
Gambar 4.6	Grafik hubungan rasio koefisien perpindahan panas dengan $Re$ pada daya pemompaan yang sama .....	38
Gambar 4.7	Grafik perbandingan antara bilangan Nusselt prediksi dengan eksperimen .....	39
Gambar 4.8	Grafik perbandingan antara faktor gesekan prediksi dan eksperimen dengan bilangan Reynolds .....	40
Gambar 4.9	Grafik perbandingan antara unjuk kerja termal eksperimen dengan prediksi .....	41
Gambar 4.10	Grafik perbandingan Perbandingan nilai Nusselt dengan penelitian sebelumnya .....	42
Gambar 4.11	Grafik perbandingan nilai faktor gesekan dengan penelitian sebelumnya .....	43

## DAFTAR PERSAMAAN

	Halaman
Persamaan (2.1) Bilangan Reynolds untuk pipa bulat .....	7
Persamaan (2.2) Bilangan Reynolds aliran laminar .....	8
Persamaan (2.3) Bilangan Reynolds aliran transisi.....	8
Persamaan (2.4) Bilangan Reynolds aliran turbulen .....	8
Persamaan (2.5) Tahanan termal total pada penukar kalor konsentrik .	11
Persamaan (2.6) Laju perpindahan panas antara dua fluida .....	11
Persamaan (2.7) Tahanan termal total .....	11
Persamaan (2.8) Laju perpindahan panas di pipa dalam .....	13
Persamaan (2.9) Laju perpindahan panas ke air dingin di sisi <i>annulus</i>	13
Persamaan (2.10) Temperatur <i>bulk</i> di <i>annulus</i> dan temperatur rata-rata dinding pipa dalam .....	13
Persamaan (2.11) Prosentase kehilangan panas .....	13
Persamaan (2.12) Koefisien perpindahan panas menyeluruh ( <i>overall</i> ) berdasarkan luas permukaan dalam pipa dalam .....	14
Persamaan (2.13) Beda temperatur rata-rata logaritmik pada penukar kalor berlawanan arah .....	14
Persamaan (2.14) Koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di sisi <i>annulus</i> .....	14
Persamaan (2.15) Tahanan termal total pada penukar kalor konsentrik .	14
Persamaan (2.16) Koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di sisi pipa dalam.....	14
Persamaan (2.17) Bilangan Nusselt rata-rata di pipa dalam .....	14
Persamaan (2.18) Penurunan tekanan ( <i>pressure drop</i> ) di pipa dalam.....	15
Persamaan (2.19) Daya pemompaan ( <i>pumping power</i> ) .....	15
Persamaan (2.20) Faktor gesekan ( <i>friction factor</i> ) di pipa dalam.....	15
Persamaan (2.21) Bilangan Reynolds aliran air panas di pipa dalam .....	15
Persamaan (2.22) Rasio peningkatan perpindahan panas.....	15
Persamaan (2.23) Faktor unjuk kerja termal .....	15
Persamaan (2.24) Persamaan Dittus-Boelter.....	15

Persamaan (2.25)	Persamaan Gnielinski .....	16
Persamaan (2.26)	Nilai faktor gesekan ( $f$ ) Gnielinski .....	16
Persamaan (2.27)	Persamaan Blasius .....	16
Persamaan (4.1)	Persamaan korelasi data eksperimen untuk bilangan Nusselt <i>plain tube</i> .....	33
Persamaan (4.2)	Persamaan korelasi data eksperimen faktor gesekan <i>plain tube</i> .....	33
Persamaan (4.3)	Persamaan korelasi bilangan Nusselt <i>louvered strip</i> <i>insert</i> variasi <i>pitch</i> .....	38
Persamaan (4.4)	Persamaan korelasi faktor gesekan <i>louvered strip</i> <i>insert</i> variasi <i>pitch</i> .....	38
Persamaan (4.5)	Persamaan korelasi empirik unjuk kerja thermal penukar kalor <i>louvered strip insert</i> variasi <i>pitch</i> .....	40

## DAFTAR NOTASI

$A_c$	luas penampang saluran ( $m^2$ )
$A_i$	luas permukaan dalam pipa dalam ( $m^2$ )
$A_o$	luas permukaan luar pipa dalam ( $m^2$ )
$C_{p,c}$	panas jenis air dingin di <i>annulus</i> ( $kJ/kg.^{\circ}C$ )
$C_{p,h}$	panas jenis air panas di pipa dalam ( $kJ/kg.^{\circ}C$ )
$d_i$	diameter dalam pipa dalam (m)
$d_o$	diameter luar pipa dalam (m)
$D$	diameter dalam pipa (m)
$D_h$	diameter hidrolik (m)
$f$	faktor gesekan
$f_p$	faktor gesekan <i>plain tube</i>
$f_s$	faktor gesekan pipa dalam dengan sisipan
$g$	percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
$h_i$	koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di pipa dalam ( $W/m^2.^{\circ}C$ )
$h_o$	koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di <i>annulus</i> ( $W/m^2.^{\circ}C$ )
$h_p$	koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di <i>plain tube</i> ( $W/m^2.^{\circ}C$ )
$h_s$	koefisien perpindahan panas konveksi rata-rata di pipa dalam dengan sisipan ( $W/m^2.^{\circ}C$ )
$k_{fi}$	konduktivitas termal rata-rata air panas di pipa dalam ( $W/m.^{\circ}C$ )
$k_p$	konduktivitas termal material pipa dalam ( $W/m.^{\circ}C$ )
$L$	panjang pipa (m)
$L_e$	<i>entrance length</i> (m)
$L_t$	<i>thermal entrance length</i> (m)
$\dot{m}_c$	laju aliran massa air dingin di <i>annulus</i> (kg/s)

$\dot{m}_h$	laju aliran massa air panas di pipa dalam (kg/s)
$Nu_i$	bilangan Nusselt rata-rata di pipa dalam
$Nu_p$	bilangan Nusselt rata-rata di <i>plaintube</i>
$Nu_s$	bilangan Nusselt rata-rata di pipa dalam dengan sisipan
$p$	keliling saluran terbasahi (m)
$Pr$	bilangan Prandtl
$Q_{aktual}$	laju perpindahan panas aktual dari penukar kalor (W)
$Q_c$	laju perpindahan panas ke <i>annulus</i> (W)
$Q_h$	laju perpindahan panas di pipa dalam (W)
$Q_{loss}$	kehilangan panas konveksi di pipa dalam (W)
$Q_{maksimum}$	laju perpindahan panas maksimum yang mungkin dari penukar kalor (W)
$Re$	bilangan Reynolds
$R_i$	tahanan termal konveksi
$R_o$	tahanan termal konveksi
$R_{total}$	tahanan termal total
$R_{wall}$	tahanan termal konduksi
$S$	<i>pitch louvered strip</i> (m)
$T_{b,c}$	temperatur air dingin <i>bulk</i> rata-rata di <i>annulus</i> (°C)
$T_{b,h}$	temperatur air panas <i>bulk</i> rata-rata di pipa dalam (°C)
$T_{c,i}$	temperatur air dingin masuk <i>annulus</i> (°C)
$T_{c,o}$	temperatur air dingin keluar <i>annulus</i> (°C)
$T_{h,i}$	temperatur air panas masuk pipa dalam (°C)
$T_{h,o}$	temperatur air panas keluar pipa dalam (°C)
$\bar{T}_{w,o}$	temperatur rata-rata dinding luar pipa dalam (°C)
$U_i$	koefisien perpindahan panas menyeluruh berdasarkan permukaan dalam pipa dalam (W/m <sup>2</sup> .°C)

$u_m$	kecepatan rata-rata fluida (m/s)
$U_\infty$	kecepatan aliran bebas fluida (m/s)
$V$	kecepatan rata-rata air panas di pipa dalam (m/s)
$\dot{V}$	laju aliran volumetrik (debit) air panas di pipa dalam (m <sup>3</sup> /s)
$W_{\text{pompa}}$	daya pemompaan (W)
$\alpha$	Sudut kemiringan louvered strip (°)
$\rho$	densitas air panas di pipa dalam (kg/m <sup>3</sup> )
$\rho_m$	densitas fluida manometer (kg/m <sup>3</sup> )
$\eta$	faktor unjuk kerja termal
$\mu$	viskositas dinamik air panas di pipa dalam (kg/m.s)
$\mu_m$	viskositas dinamik fluida di pipa (kg/m.s)
$\Delta h$	beda ketinggian fluida manometer (m)
$\Delta P$	penurunan tekanan (Pa)
$\Delta T_{\text{LMTD}}$	beda temperatur rata-rata logaritmik (°C)



## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A      Data Hasil Pengujian .....	49
Lampiran B      Contoh Perhitungan Data .....	57
B.1.      Perhitungan data pengujian dengan laju aliran volumetrik 3,75 LPM untuk plain tube .....	57
B.2.      Perhitungan data pengujian dengan laju aliran volumetrik 3,5 LPM untuk <i>louvered strip insert</i> dengan nilai <i>pitch</i> (S) = 60mm .....	61
Lampiran C      Perhitungan Rasio Koefisien Perpindahan Panas.....	65
C.1.      Contoh Perhitungan Rasio Koefisien Perpindahan Panas Pada <i>Louvered Strip Insert</i> Menggunakan Susunan <i>Backward</i> Dengan Variasi Pitch .....	65
Lampiran D      Perbandingan efisiensi dan evaluasi rasio kenaikan perpindahan panas hasil penelitian dengan penambahan <i>Louvered Strip Insert</i> .....	68
Lampiran E      Perhitungan Rasio Koefisien Perpindahan Panas.....	70
E.1.      Tabel hasil perhitungan karakteristik perpindahan panas dan faktor gesekan <i>plain tube</i> .....	70
E.2.      Tabel hasil perhitungan karakteristik perpindahan panas dan faktor gesekan pipa dalam dengan penambahan <i>Louvered Strip Insert</i> .....	71
E.3.      Rekapitulasi perhitungan nilai rasio koefisien perpindahan panas untuk <i>Louvered Strip Insert</i> susunan <i>backward</i> variasi <i>pitch</i> = 40, 50 dan 60mm pada daya pemompaan yang sama dengan <i>plain</i> <i>tube</i> .....	72
Lampiran F      Tabel Konduktivitas Termal Material .....	73
Lampiran G      Tabel Propertis Air .....	74